

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1963

THÈSE

N°

366

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Jean-Denis, Gaston BREDEL

Né le 21 Octobre 1936 au HAVRE (Seine-Maritime)

Présentée et soutenue publiquement le

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES CAVITÉS
CONTENANT DU LIQUIDE EN TOMOGRAPHIE
UNIDIRECTIONNELLE A BALAYAGE VERTICAL

Président : Monsieur Henri DESGREZ (Professeur)

D. P. TAIB

8, Rue Casimir Delavigne
PARIS - VI*

1963

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

-:-

Année 1963

N°

T H E S E

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

Jean-Denis, Gaston BREDEL

Né le 21 Octobre 1936 au HAVRE (Seine-Maritime)

-:-

Présentée et soutenue publiquement
le

-:-

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES
CAVITES CONTENANT DU LIQUIDE
EN TOMOGRAPHIE UNIDIRECTIONNELLE
A BALAYAGE VERTICAL

-:-

Président : Monsieur Henri DESGREZ (Professeur)

-:-

D. P. TAIB
8, rue Casimir Delavigne
PARIS
1963



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153701_0070

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. ALAJOUANINE (T), AUBIN (A), BENARD (H), BULLIARD (H), CADENAT (F), CHABROL (E), DEBRE (R), FEY (B), GALLIARD (H), GASTINEL (P), HALPHEN (E), HAZARD (R), HEUYER (G), LANTUEJOUL (P), LAROCHE (G), LAVIER (G), LEVY-SOLAL (E), LIAN (C), MATHIEU (P), MOCQUOT (P), MONOD (R), MOUQUIN (M), MOREAU (R), MOULONGUET (P), OLIVIER (E), PASTEUR VALLERY-RADOT, PETIT-DUTAILLIS (D), PIEDELIEVRE (R), QUENU (J), RICHET (C), SENEQUE (J), STROHL (A), TANON (L), VERNE (J)

DOYEN Léon BINET
Membre de l'Institut

1er ASSESSEUR CORDIER (G)
2e ASSESSEUR CASTAIGNE

I - PROFESSEURS

1°- CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

a) Professeurs titulaires :

MM.

Anatomie	DELMAS (A)
Anatomie pathologique	DELARUE (J)
Anesthésiologie	BAUMANN (J)
Biochimie médicale	{ JAYLE (M.F)
	{ SCHAPIRA (G)
Biologie appliquée à l'Educa- tion physique et aux sports	CHAILLEY-BERT (P)
Biologie médicale	FAUVERT (R)
Cancérologie médicale et sociale	BERNARD (J)
Embryologie	TUCHMANN-DUPLESSIS (H)
Histoire de la médecine et de la chirurgie (Lariboisiere)	JOANNON (P)
Histologie	GIROUD (A)
Hygiène et médecine préventive	N
Médecine du Travail	DESOILLE (H)
Médecine légale	DEROBERT (L)
Microbiologie (Bactér. et vir.)	FASQUELLE (R)
Parasitologie	BRUMPT
Pathologie chirurgicale	HUGUIER (J)
Pathologie exotique	N....
Pathologie expérimentale et comparée	MERKLEN (F.P)
Pathologie médicale	MILLIEZ (P)

Pathologie respiratoire	TURIAF (J)
Pathologie et thérapeutique générale	BOUDIN (G)
Pharmacologie	CHEYMOL (J)
Physiologie	{ BINET (L)
	{ BARGETON (D)
Physiologie et pathologie obstétricale	LEPAGE (F)
Physique médicale	{ DOGNON (A)
	{ DJOURNO (A)
Radiologie médicale	DESGREZ (H)
Technique chirurgicale et chi- rurgie expérimentale	N...
Thérapeutique	CONTE (M)

b) Professeurs à titre personnel:

Biochimie médicale	{ DESGREZ (P)
	{ POLONOVSKI (J)
Biologie médicale	BOURLIERE (F)
Hygiène et médecine préventive	DEPARIS (M)
Pathologie chirurgicale	LAURENCE (G)
Pharmacologie	LEVY (Melle J)
Physiologie	PARROT (J)
Physique médicale	KELLERSHOHN (L)

2°- CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUESa) Professeurs titulaires

Clinique carcinologique chirur- gicale (Necker)	REDON (H)
Clinique cardiologique (Broussais)	N...
(Beaujon	LORTAT-JACOB (J.L)
(Cochin	LEGER (L)
Cliniques chi- (Hôtel-Dieu	PATEL (J)
rurgicales (Pitié	CORDIER (C)
(Saint-Antoine	GOSSET (J)
(Salpêtrière	SICARD (A)
(Tenon	OLIVIER (Cl.)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants-Malades)	FEVRE (M)
Clinique chirurgicale orthopé- dique et réparatrice (Cochin)	MERLE d'AUBIGNE (R)
Clinique de chirurgie cardio- vasculaire (Broussais)	F. de GAUDART d'ALLAINES

Clinique de Chirurgie pleuro-pulmonaire (Laënnec)	MATHEY (J)
Clinique endocrinologique (Pitié)	DECOURT (J)
Clinique de Génétique médicale (Enfants-Malades)	LAMY (M)
Clinique gynécologique (Broca)	FUNCK-BRENTANO (P)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis)	DEGOS (R)
Clinique des maladies des Enfants (Enfants-Malades)	CATHALA (J)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard)	MOLLARET (P)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne)	DELAY (J)
Clinique des maladies métaboliques (Necker)	HAMBURGER (J)
Clinique des maladies du sang (Broussais)	MARCHAL (G)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière)	CASTAIGNE (P)
(Boucicaut)	LENEGRE (J)
(Broussais)	SOULIE (P)
(Cochin)	JUSTIN-BESANÇON (L)
Cliniques médi- (Cochin)	BROUET (G)
cales (Hôtel-Dieu)	BARIETY (M)
(Lariboisière)	SEZE (S.de)
(Pitié)	DREYFUS (G)
(Saint-Antoine)	KOURILSKY (R)
Clinique médicale d'hydrologie thérapeutique et climatologie (Bichat)	DEBRAY (C)
Clinique médicale propédeutique (Broussais)	GENNES (L. de)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition (Hôtel-Dieu)	DEROT (M)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)	DAVID (M)
Clinique neurologique (Salpêtrière)	GARCIN (R)
Cliniques obs- (Baudelocque)	LACOMME (M)
tétricales (Foch (Suresnes))	MERGER (R)
Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)	VARANGOT (J)
Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)	RENARD (G)

MM.

Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)	AUBRY (M)
Clinique de pédiatrie et de puériculture (Saint-Vincent-de-Paul)	LELONG (M)
Clinique de pédiatrie sociale (Enfants-Malades)	MARIE (J)
Clinique de pneumo-phthisiologie (Laënnec)	BERNARD (E)
Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)	MICHAUX (L)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)	COSTE (F)
Clinique stomatologique (Pitié)	DECHAUME (M)
Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)	ROUX (M)
Clinique thérapeutique médicale (Saint-Antoine)	LEMAIRE (A)
Clinique toxicologique	GAULTIER (M)
Clinique traumatologique	PADOVANI (P)
Séméiologie médicale	DOMART (A)
Séméiologie et clinique chirurgicale	POILLEUX (F)
Clinique urologique (Necker)	COUVELAIRE (R)
Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)	TURPIN (R)

b) Professeurs à titre personnel :

Médecine	(BOUR (H)
	(LHERMITTE (F)
	(PEQUIGNOT (H)

II - PROFESSEURS SANS CHAIRE, PROFESSEURS AGREGES ET MAITRES DE CONFERENCE-AGREGES

MM.

Anatomie	(CABROL (C)
	(COUINAUD (C)
	(GILLOT (C)
	(OLIVIER (G)
Anatomie pathologique	(GAUTHIER-VILLARS
	pr.s. ch.
	(ABELANET (R)
	(BUSSE (F)

	MM.
Anatomie pathologique	{ CHOMETTE (G) GOUYGOU (Ch)m.conf. NEZELOFF (Ch.) ORCEL (L) PAILLAS (J)
Anesthésiologie	{ KERN (E.) VOURC'H (G) BARBIER (P)
Bactériologie	{ CHRISTOL (D) Le MINOR (L) TOURNIER (P)
Biochimie médicale	{ BAULIEU (Et)m.conf. BOURILLON (R) CARTIER (P) DREYFUS (J.Cl.) GONNARD (P) KRUH (J) JEROME (H)
Biologie appliquée à l'Educa- tion Physique et aux Sports	{ PLAS -(F)
Carcinologie	{ BOIRON (M) DENOIX (P) MATHE (G) SELIGMANN (M)
Dermato-Syphiligraphie	{ CIVATTE (J) DUPERRAT (B)
Electro-Radiologie	{ LEDOUX-LEBARD (G) BESSIS (M)
Hématologie	{ BILSKI-PASQUIER (G) DAUSSET (J) DUHAMEL (G)
Histologie	{ COUJARD (R)pr.s.ch. MAROIS (M)
Hydrologie	{ RACADOT (J) BESANÇON (F) CORNET (A)
Hygiène	{ BOYER (J)pr.s.ch. BLANCHER (G) CORRE-HURST (Mme L) SAPIN-JALOUSTRE (H)
Maladies infectieuses	{ BASTIN (R) DUPONT (V)

Médecine légale	(Fournier (E)
	(Gueniot (M)
	(Hadengue (A)
Médecine du travail	(Albahary (C)
Neuro-Chirurgie	(Pertuiset (B)
	(Granjon (A)
	(Hervet (E)
	(Le Lorier (G)
	(Levy (J)
	(Morin (P)
Obstétrique	(Musset (R)
	(Robey (M)
	(Seneze (J)
	(Sureau (C)
	(Thoyer-Rozat (J)
	(Bregeat (P)
Ophtalmologie	(Dubois (A)
	(SarauX (H)
	(Judet (R)
	(Meary (R)
Orthopédie	(Postel (M)
	(Ramadier (J)
	(Debain (J)
Oto-rhino-laryngologie	(Pialoux (P)
	(Golván (Y)
Parasitologie	(Lapiere (J)
	(Barcat (J)
	(Binet (J.P)
	(Cauchoux (J)
	(Cerbonnet (G)
	(Chatelin (C.L)
	(Dubost (Ch.)
	(Dubost (Cl.)
Pathologie chirurgicale	(Faurel (J)
	(Flabeau (F)
	(Garbay (M)
	(Garnier (H)
	(Gaudart-d'Allaines
	(Cl.de)
	(Germain (A)
	(Lataste (J)
	(Leveque (B)
	(Loygue (J)
	(Mercadier (M)

MM.

Pathologie chirurgicale...	(NATALI (J) PELLERIN (D) PERROTIN (J) ROBERT (H) THOMERET (G)
Pathologie exotique	(SCHNEIDER (J) BENHAMOU (J.P.) BERTHAUX (P) BOIVIN (P) CROSNIER (J) HARTMANN (L) LOEPER (J) MAURICE (J) MIKOL (Cl) RICHET (G)
Pathologie expérimentale	(AUSSANNAIRE (M) BOUVIER (J) BOUVRAIN (Y) BRICAIRE (H) BRISSAUD (H) BROCARD (H) BUGE (A) CATINAT (J) CHRETIEN (J) COBLENTZ (B) CONTAMIN (F) COURY (C) ETIENNE (J.P) FREZAL (J) FRITEL (D) HENNEQUET (A) HIMBERT (J) HOUSSET (E) LAROCHÉ (Cl) LESOBRE (R) MACREZ (C) MOREAU (L) NICK (J) ROYER (P) TOURNEUR (R) WOLFROMM (R)
Pédiatrie-Puériculture	(LAFOURCADE (J) LEPERCQ (G) MANDE (R)

	MM.
Pédiatrie-Puériculture	(MOZZICONACCI (P) .
	(POLONOVSKI (C)
	(ROSSIER (A)
	(VIALATTE (J)
Pharmacologie	(BOISSIER (J)
	(LECHAT (P)
	(BARRES (G)
	(DEJOURS (P)
Physiologie	(DURAND (J)
	(GIRARD m.conf.
	(HUGELIN (A)
	(SCHERRER (J)
	(CHANTEUR (J)
	(GOUGEROT (L)m.conf.
	pr.s.ch.
Physique médicale	(GREMY (F.)m.conf.
	(MILHAUD (G)
	(PELLERIN (P)
	(ROUCAYROL (J.Cl)
	(TUBIANA (M)m.conf.
	(KREIS (B)
Pneumo-phtisiologie	(MEYER (A)
	(RENAULT (P)
Psychiatrie	(PICHOT (P)
	(DENIKER (P)
Psychiatrie infantile	(DUCHE (D)
	(FLAVIGNY (H)
	(LAPRESLE (J)
Rhumatologie	(DELBARRE (F)
	(CERNEA (P)
Stomatologie	(CHAPUT(Mme A)m.c.agr.
	(GRELLET (M)
	(CHASSAGNE (P)
Thérapeutique	(LAMOTTE (M)
	(MARCHE (J)
	(AUVERT (J)
Urologie	(MOULONGUET (A)
	(QUENU (L)

III - PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES CHARGES
DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE
à titre permanent

	MM.
Anatomie	DEBEYRE (J)

	MM.
Clinique chirurgicale	{ ABOULKER (P)
	{ AMELINE (A)pr.s.ch.
	{ VERNE (J.M)
Clinique médicale	{ PERRAULT (M)
	{ RAMBERT (P)
	{ THIEFFRY (S)
Clinique obstétricale	{ GRASSET (J)
	{ MAYER (M)
Clinique ophtalmologique	{ DESVIGNES (P)
	{ OFFRET (G)
Clinique oto-rhino-laryngolo- gique	MADURO (R)
Clinique pédiatrique et pué- riculture	LAPLANE (R)
Clinique psychiatrique	BARUK (H)
Clinique urologique	KUSS (R)

IV - PROFESSEURS DETACHES DANS LES UNIVERSITES ETRANGERES

Bactériologie	HAUDUROP(P)pr.s.ch.
Pathologie chirurgicale	RUDLER (J)pr.s.ch.

V - CHARGES DE COURS D'HYGIENE {BOLTANSKI (E) SCOLAIRE ET UNIVERSITAIRE {LAUNAY (C)

Secrétaire général de la Faculté	M LENA (J)
Secrétaire principal	Mlle CHAINTREUIL (G)
Conservateur en Chef de la Bi- bliothèque	M le Docteur HAHN (A)
Conservateur du Musée d'His- toire de la Médecine	
Conservateur	Mlle DUMAITRE (P)
	{ Mmes CONTET (J), FORGET (F)
Bibliothécaires	{ Mlles LAURENT (H), Le NOIR (G)
	{ QUIEVREUX (E)

Par délibération en date du 9 décembre 1798,
l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les
dissertations qui lui seront présentées, doivent être
considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle
n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A ma Mère,

A mon Père,

A mon Grand-Père,

A mon Frère,

Avec toute mon affection

A notre Président de Thèse,

Monsieur le Professeur Henri DESGREZ,

Professeur de Radiologie médicale à la
Faculté de Médecine de Paris,
Chevalier de la Légion d'Honneur

En témoignage de notre
reconnaissance pour
l'enseignement qu'il
nous a prodigué

A Monsieur le Professeur HEITZ,

Nous le prions de trouver ici
nos remerciements pour son
enseignement

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES
CAVITES CONTENANT DU LIQUIDE
EN TOMOGRAPHIE UNIDIRECTIONNELLE
A BALAYAGE VERTICAL

-:-:-:-:-

INTRODUCTION

-:-

Dans la tomographie avec balayage unidirectionnel vertical qui est celui de la tomographie pulmonaire classique, toute opacité thoracique donne une image dont les contours supérieur et inférieur sont flous.

Ce phénomène est dû à ce que les points extérieurs au plan de coupe ne sont pas complètement effacés, mais ont pour image une trainée ou sillage. Pour peu que l'opacité soit suffisamment dense ce sillage sera parfaitement visible sur le cliché final. Il viendra se superposer à l'image de l'opacité dans le plan de coupe et la débordera.

On conçoit donc que l'image d'une cavité partiellement remplie de liquide puisse ne pas comporter de niveau puisque le sillage des ombres formées par le liquide situé en avant ou en arrière du plan de coupe l'efface. Au lieu d'avoir l'image de niveau on pourrait avoir, dans certaines conditions un dégradé progressif de l'image. C'est ce problème que nous allons étudier par l'analyse et par l'expérimentation.

-:-

PREMIERE PARTIE

--

Nous nous proposons d'étudier l'effacement d'un point situé à la distance p du plan de coupe avec un tomographe dont les caractéristiques sont les suivantes :

- l'angle de coupe α : c'est l'angle dont le sommet est situé à la rencontre du plan de coupe et de la médiatrice du segment qui joint les positions extrêmes du foyer, et dont les côtés passent par les extrémités de ce segment. L'angle de coupe peut varier de 0 à 60° en balayage unidirectionnel.

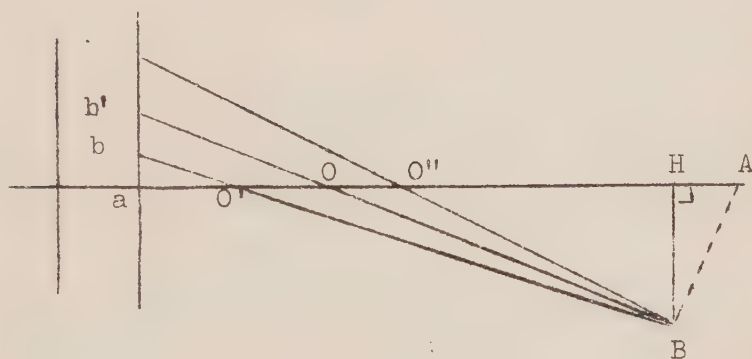
- la distance du foyer au plan de coupe, soit ℓ ; $\ell = 1100$ millimètres

- la distance du film au plan de coupe soit d ; $d = 330$ millimètres.

Ce tomographe est construit de telle façon que les distances foyer-plan de coupe et film-plan de coupe sont invariables. Autrement dit foyer et film décrivent dans un plan perpendiculaire au film des portions de cercle, le plan du film restant parallèle au plan de coupe.

La formule de l'effacement sera différente selon que le point considéré sera antérieur ou postérieur au plan de coupe et selon que ce point sera ou non sur la médiatrice du segment qui joint les positions extrêmes du foyer.

Nous supposerons d'abord que le point est sur cette médiatrice.



En A, le tube donne une image unique du point O du plan de coupe et des points O' et O'' extérieurs au plan de coupe et situés à une distance $O'O = O''O = p$.

Dans sa portion extrême inférieure B, le tube donne de O, l'image b, de O', l'image b' et de O'' l'image b''. L'image de O' qui se déplace moins vite que le film donne un sillage bb', l'image de O'' qui se déplace plus vite que le film

$$ab' = \frac{l \sin \frac{\alpha}{2} (d \cos \frac{\alpha}{2} - p)}{l \cos \frac{\alpha}{2} + p}$$

$$\text{et } bb' = ab - ab' = d \sin \frac{\alpha}{2} -$$

$$bb' = \frac{\frac{l \sin \frac{\alpha}{2} (d \cos \frac{\alpha}{2} - p)}{l \cos \frac{\alpha}{2} + p} - p \sin \frac{\alpha}{2} (d + l)}{l \cos \frac{\alpha}{2} + p}$$

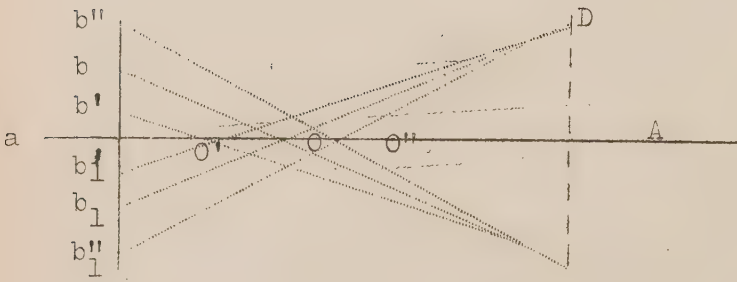
Le sillage du point O'' peut faire l'objet du même calcul. On arrive à la formule suivante :

$$bb'' = \frac{p \sin \frac{\alpha}{2} (d + l)}{l \cos \frac{\alpha}{2} - p}$$

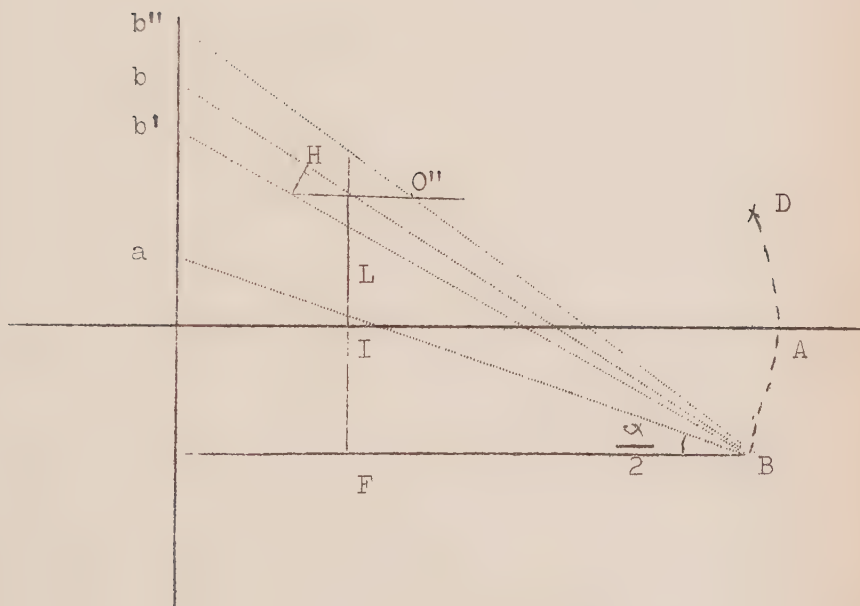
Une simple construction montre que lorsque le tube arrive dans sa position extrême supérieure D le sillage de O' (b₁' b₁') se superpose à bb'' et que le sillage de O'' (b₁ b₁'') se superpose à bb' : il y a symétrie.

Les formules établies montrent que :

- l'effacement est plus grand pour les points situés entre foyer et plan de coupe que pour ceux situés entre film et plan de coupe;
- l'effacement est d'autant plus grand que la distance du point au plan de coupe est plus grande ;
- l'effacement est d'autant plus grand que l'angle de coupe est plus grand.



Supposons maintenant que le point soit situé à une distance h de la médiatrice du segment qui joint les positions extrêmes du foyer.



En B; le tube donne des points I et O du plan de coupe les images a et b ; et des points O' et O'' les images b' et b'' .

On appelle ξ l'angle $\widehat{OBI}$ et θ l'angle $\widehat{OBO'}$. On peut déterminer l'angle $\widehat{OBF}$ $(\xi + \frac{\alpha}{2})$ par sa tangente.

$$\text{tangente} \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right) = \frac{OI + IF}{FB} =$$

$$\frac{h + l \sin \frac{\alpha}{2}}{l \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \text{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Calculons OB :

$$\frac{OF}{OB} = \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right) \text{ ou}$$

$$OB = \frac{h + l \sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)}$$

On mène O'H perpendiculaire à OB

On a :

$$\widehat{HOO} = \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)$$

$$OH = p \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)$$

$$O'H = p \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)$$

Nous pouvons maintenant calculer l'angle Θ . Dans le triangle rectangle O'HB, on a :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{O'H}{HB} = \frac{O'H}{HB + OH} =$$

$$= \frac{p \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right)}{p \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right) + \frac{h + l \sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right)}}$$

Nous posons $\widehat{LBF} = \frac{\alpha}{2} + \epsilon - \theta = \gamma$

Calculons OL : $OL = p \operatorname{tg} \gamma$

Nous avons :

$$\frac{ab}{h} = \frac{l + d}{l} \quad \text{ou} \quad ab = \frac{h(l + d)}{l}$$

Par ailleurs :

$$\frac{ab'}{h - p \operatorname{tg} \gamma} = \frac{l + d}{l}$$

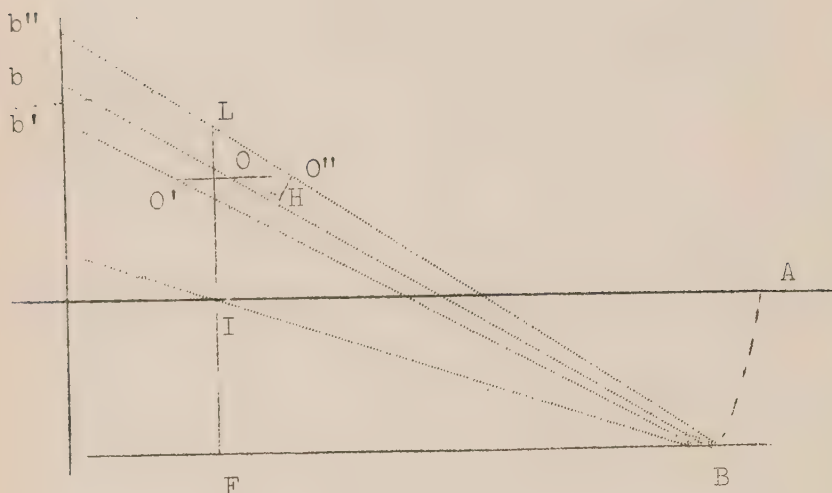
ou

$$ab' = \frac{h - p \operatorname{tg} \gamma}{l} (l + d)$$

Enfin $bb' = ab - ab' =$

$$\frac{h(l + d)}{l} - \frac{(h - p \operatorname{tg} \gamma)(l + d)}{l}$$

Soit $bb' = p \operatorname{tg} \gamma \frac{l + d}{l}$



Calculons maintenant le sillage bb'' de O'' .
 Nous posons $\widehat{OB'} =$ et $\widehat{OBO''} = \mu$.

Là encore déterminons l'angle $(\xi + \frac{\alpha}{2})$

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right) = \frac{h}{l \cos \frac{\alpha}{2}} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

OB conserve sa valeur

$$OB = \frac{h + l + \sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)}$$

On mène O''H perpendiculaire à OB

$$\widehat{HOO''} = \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right)$$

$$OH = p \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right)$$

$$O''H = p \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right)$$

Déterminons l'angle ρ

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \rho &= \frac{O''H}{HB} = \frac{O''H}{OB-OH} = \\ &= \frac{p \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right)}{\frac{h + l \sin \frac{\alpha}{2}}{2} - p \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right)} \\ &\quad \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon \right) \end{aligned}$$

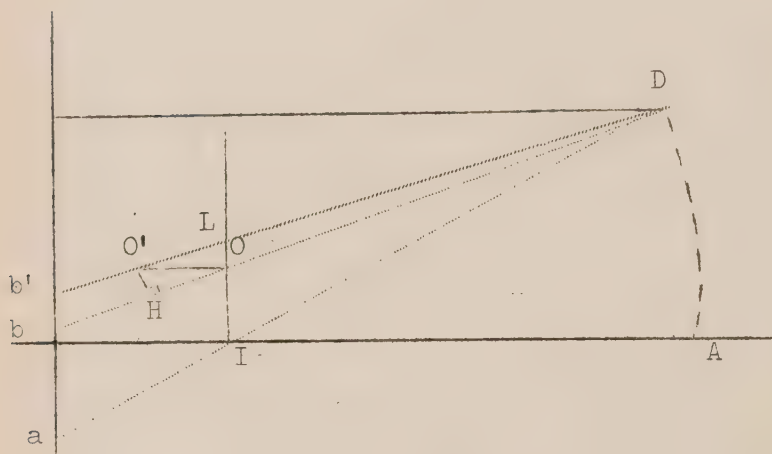
$$\text{On pose } \left(\frac{\alpha}{2} + \epsilon + \rho \right) = \gamma$$

$$\text{On a } \widehat{LO''O} = \gamma \text{ et } OL = p \operatorname{tg} \gamma.$$

$$\text{Calculons } bb'' \quad \frac{bb''}{p \operatorname{tg} \gamma} = \frac{l + d}{l}$$

$$bb'' = p \operatorname{tg} \gamma \frac{l + d}{l}$$

Il faut remarquer que la figure n'est plus symétrique, comme cela se passait lorsque les points étaient sur la médiatrice du segment joignant les positions extrêmes du foyer, lorsque le tube passe par sa position supérieure. Nous allons calculer le sillage du point O' pour cette dernière position du tube. Ce sillage se superpose en partie au sillage du point O'' qui se forme lorsque le tube passe de sa position d'équilibre à sa position inférieure.



On pose $\widehat{ODI} = \dots$ et $\widehat{ODO'} = \theta$

On détermine $\left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right)$

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right) = \frac{l \sin \frac{\alpha}{2} - h}{l \cos \frac{\alpha}{2}}$$

Calculons OD

$$OD = \frac{l \sin \frac{\alpha}{2} - h}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right)}$$

On mène O'H perpendiculaire à OD

$$\widehat{O'OH} = \left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right)$$

$$O'H = p \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right)$$

$$OH = p \cos \left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right)$$

Déterminons l'angle θ

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{O'H}{OH + OD} = \frac{p \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right)}{p \cos \left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right) + \frac{l \sin \frac{\alpha}{2} - h}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} - \xi \right)}}$$

$$\text{posons } \left[\frac{\alpha}{2} - (\theta + \xi) \right] = \gamma$$

$$\text{L'angle } \widehat{OO'L} = \gamma \text{ et } OL = p \operatorname{tg} \gamma$$

$$\text{Calculons } bb' \quad \frac{bb'}{p \operatorname{tg} \gamma} = \frac{l + d}{l}$$

$$bb' = p \operatorname{tg} \gamma \frac{l + d}{l}$$

La comparaison de ces divers calculs, montre que là encore, le sillage est plus grand pour les points antérieurs au plan de

coupe que pour les postérieurs, qu'il augmente avec l'angle de coupe et avec la distance qui sépare le point du plan de coupe. De plus, il augmente avec la distance qui sépare le point du plan de coupe.

o

Il nous faut maintenant définir une cavité qui contiendra le liquide dont nous voulons effacer le niveau sur l'image tomographique. Nous prendrons une sphère creuse de rayon $r = 20$ mm, et nous supposons que le plan de coupe passe toujours par le grand cercle de cette sphère.

Le rayon de la sphère, du fait de son éloignement du film, subit un agrandissement qu'on peut calculer. Cet agrandissement est minimum quand le tube passe par sa position d'équilibre A.

voir graphique page 31

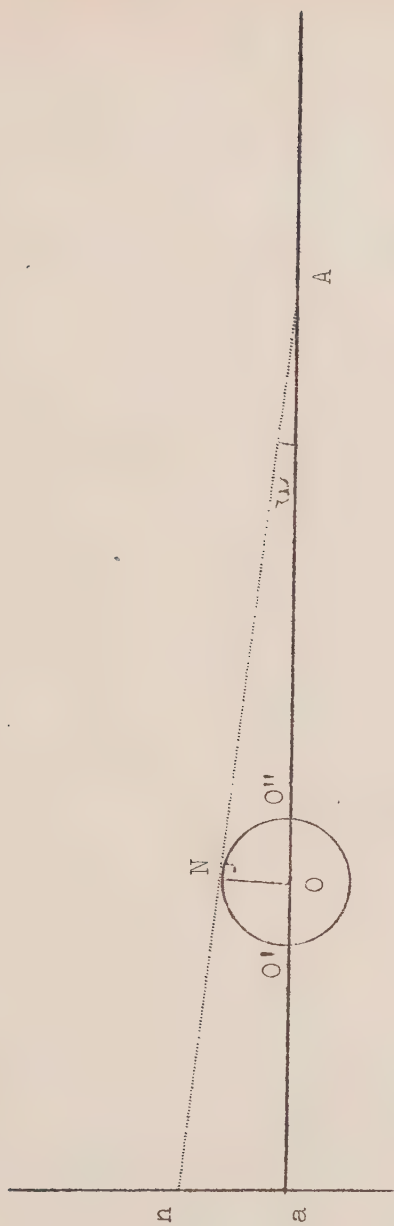
$$\frac{an}{r} = \frac{l + d}{l \cos \omega}$$

L'angle ω est défini par

$$\sin \omega = \frac{r}{l} = \frac{20}{1100}$$

$$an = \frac{r (l + d)}{l \cos \omega}$$

$$an = 26 \text{ mm}$$



Pour effacer la sphère si celle-ci est à demi-pleine il faudrait que le sillage des points du niveau soit égal à cette valeur.

Nous allons calculer les sillages des points O' et O'' lorsque la sphère est à demi-pleine. Nous supposerons d'abord que le centre de la sphère est confondu avec le centre du plan de coupe puis que le centre de la sphère est à une distance $h = 120$ millimètres du centre du plan de coupe, au-dessus de celui-ci.

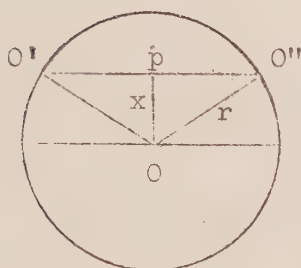
demi-angle de coupe	30°	20°	10°
$h = 0$ Sillage de O'' : tube en position supérieure : $bb'' =$	15,3mm	9,6mm	4,5mm
Sillage de O' ; tube en position inférieure $bb' =$	14,7mm	9,2mm	4,4mm
$h = 120$ Sillage de O'' : tube position supérieure $bb'' =$	18,8mm	12,3mm	7,4mm
Sillage de O' tube en position inférieure $bb' =$	11,5mm	6,2mm	1,5mm

On voit que le niveau n'est pas effacé.

Nous allons maintenant étudier le sillage du niveau lorsque la sphère se remplit. Si on appelle x la distance qui sépare le

niveau de demi-remplissage d'un niveau différent, nous avons la relation :

$$p^2 = r^2 - x^2$$



Nous allons chercher les valeurs que doivent prendre p et x pour que la sphère soit effacée par le sillage du point O''.

Nous supposons d'abord que le centre de la sphère et le centre du plan de coupe sont confondus.

Pour que le rayon soit effacé, il faut que le sillage bb'' soit égal à l'image du rayon, c'est à dire qu'on ait :

$$IG = 26 \frac{l}{l + d} = 20 \text{ mm}$$

L'angle $\widehat{GO''O'}$ = γ est déterminé

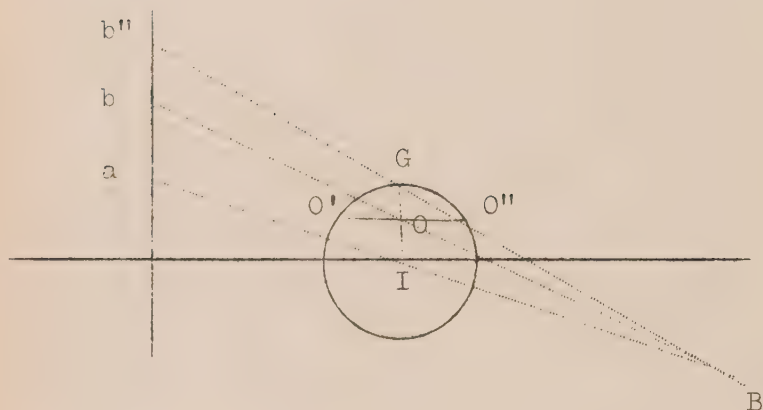
$$\text{tg } \gamma = \frac{20 + l \sin \frac{\alpha}{2}}{l \cos \frac{\alpha}{2}}$$

On a la relation :

$$x = 20 - p \text{ tg } \gamma$$

Reportons cette valeur dans la relation

$$p^2 = r^2 - x^2$$



$$p^2 = r^2 - (20 - p \operatorname{tg} \gamma)^2$$

ou

$$(\operatorname{tg}^2 \gamma + 1) p^2 - 40 p \operatorname{tg} \gamma = 0$$

Si le centre de la sphère est à une distance $h = 120$ mm du centre du plan de coupe, seul change l'angle γ , qui cette fois est déterminé par la relation

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{20 + 120 + l \sin \frac{\alpha}{2}}{l \cos \frac{\alpha}{2}}$$

$h = 0$

$\frac{\alpha}{2}$	ab"	p	x	bb" Tube en position inférieure	bb' tube en position supérieure
30	26 mm	17,6 mm	9,5 mm	14,6 mm	12,7 mm
20	26 mm	13,3 mm	15 mm	6,5 mm	5,9 mm
10	26 mm	5,6 mm	19 mm	1,4 mm	1,1 mm

$h = 120$

$\frac{\alpha}{2}$	ab"	p	x	bb" tube en position inférieure	bb' tube en position supérieure
30	26 mm	19 mm	6 mm	17,8 mm	10,8 mm
20	26 mm	15,9 mm	12 mm	9,7 mm	4,8 mm
10	26 mm	11,2 mm	16,7 mm	4,4 mm	0,6 mm

Nous n'avons calculé que l'effacement des deux points O'' et O' appartenant au grand cercle de la sphère perpendiculaire au plan de coupe. Si on effectue des sections de la sphère, parallèles à ce grand cercle, dans les cercles obtenus, le rapport rayon et distance du plan de coupe à l'extrémité du niveau reste constant. Par conséquent si on obtient l'égalité du silage du point O'' et de l'image du rayon, on obtient cette égalité pour tous les points du pourtour du niveau liquide.

DEUXIEME PARTIE

-:-

Dans un premier temps nous utilisons un fantôme constitué par une boîte de carton de 10 centimètres d'épaisseur. Des balles de ping-pong plus ou moins remplies d'eau, dont l'absorption est semblable à celle du liquide des cavités pulmonaires, sont disposées dans un plan parallèle aux grandes faces de la boîte. Le vide qui existe est comblé par du riz dont le numéro atomique moyen est sensiblement équivalent à celui des tissus pulmonaires.

Nous effectuons trois coupes de ce fantôme, le plan de coupe passant par le grand cercle des sphères avec des angles de coupe qui sont respectivement 20, 40 et 60 degrés, et nous prenons une radiographie de référence.

Résultats :

La radiographie standard montre sur un fond d'opacité granitée par sommation des images des grains de riz des nuages hydro-aériques dont le niveau est parfaitement net. Du fait de la diminution d'épaisseur il existe un dégradé vers les bords de l'image hydro-aérique. Enfin un croissant

transparent cerne souvent le pôle inférieur des sphères, montrant que le contact entre riz et sphères est moins intime qu'au pôle supérieur.

La tomographie montre une image plus complexe. Sur un fond d'opacité à la fois granitée (riz du plan de coupe) et située verticalement (riz extérieur au plan de coupe) apparaissent des images hydro-aériques.

Les niveaux liquides persistent donc et ceci quel que soit le remplissage des cavités, mais ils tendent à devenir de plus en plus flous, quand l'angle de coupe croît.

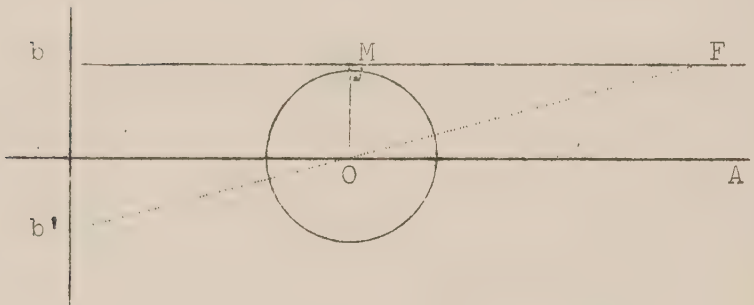
Immédiatement au-dessus du niveau existe une légère opacité due au sillage du liquide, immédiatement au-dessous, l'image du liquide présente une diminution d'opacité qu'il faut attribuer au sillage de l'air. Ainsi donc les sillages de l'air et du liquide conjuguent leurs effets pour rendre flou le niveau sans cependant l'effacer.

Les bords supérieur et inférieur de l'image des sphères sont flous et ce flou augmente quand l'angle de coupe croît, si bien qu'à 60 degrés, il est impossible d'assigner une limite nette à ces bords. Au contraire les bords latéraux ont une netteté remarquable.

Ce flou des parois supérieure et inférieure a une double origine.

D'une part, il est lié au sillage de paroi : l'image du rayon est donnée par les rayons X tangents à la sphère. L'image du rayon présente un maximum et un minimum.

Le minimum a déjà été calculé : il a lieu lorsque le rayon tangent à la sphère est parallèle au rayon passant par le centre de la sphère lorsque le tube est à sa position d'équilibre.



$$\frac{bb'}{MO} = \frac{l + d}{l} \quad \text{ou } bb' = 20 \times 1,3 = 26 \text{ mm}$$

Le maximum a lieu lorsque le foyer passe par sa position extrême inférieure.

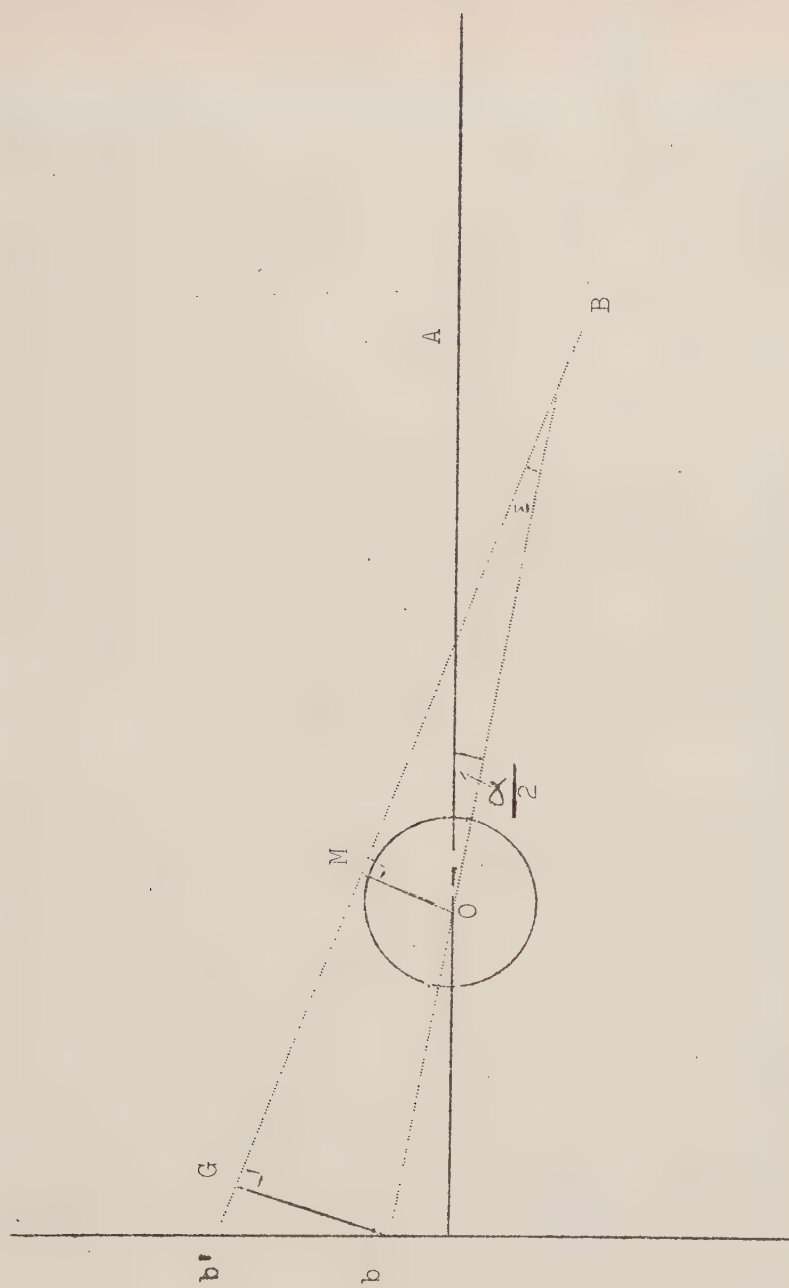
voir gschéma p. 41

$$\frac{bG}{MO} = \frac{bB}{OB}$$

$$bG = 20 \left(\frac{l + d}{l} \right) = 26 \text{ mm}$$

L'angle $b'bG$ est égal à $\left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)$

L'angle ξ est déterminé :



$$\operatorname{tg} \xi = \frac{MO}{OB} = \frac{20}{l}$$

$$bb' = \frac{bG}{\cos \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)}$$

ou

$$bb' = \frac{26}{\cos \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)}$$

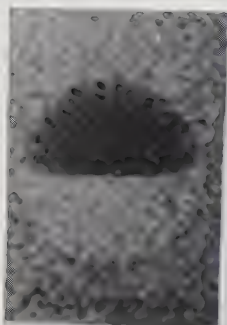
Pour un angle de coupe de 60° on a
 $bb' = 30$ millimètres soit un sillage de :

$$30 - 26 = 4 \text{ mm.}$$

Ce sillage est d'ailleurs visible aux pôles supérieur et inférieur de l'image de certaines cavités mais son opacité est très faible et contraste peu avec celle du riz.

En effet le flou est dû d'autre part aux sillages des grains de riz qui viennent se superposer à l'image de la sphère, comme le prouve l'existence de stries verticales au sein de ce flou. Le fait que le pôle inférieur des sphères reste plus souvent net que le pôle supérieur est dû au contact moins intime entre sphère et riz au pôle supérieur.

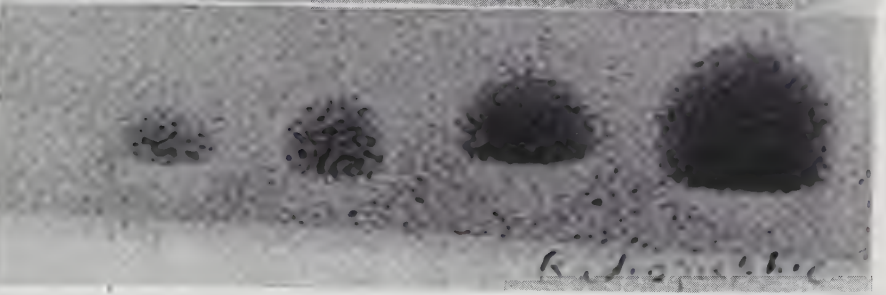
L'image finale présente donc l'aspect suivant : un croissant supérieur gazeux à sa transparence diminuée en deux endroits, près du niveau par sillage du liquide, sur tout le reste de son pourtour par effet conjugué des sillages de paroi et du riz; un croissant inférieur liquidien dont l'opacité plus grande que celle du riz est diminuée en deux endroits : près du niveau



Forma $\alpha=25$

Forma $\alpha=40$

Forma $\alpha=60$



Radioactive

par sillage de l'air, sur tout le reste de son pourtour par effet des sillages du riz et de la paroi.

Dans un deuxième temps nous remplaçons les balles de ping-pong par des sphères de matière plastique, creusées de taille variable. Les diamètres sont respectivement 46, 40, 32, 27, 20 millimètres.

Nous effectuons deux coupes avec des angles de coupe qui sont respectivement 30 et 60 degrés, le plan de coupe passant par le grand cercle des sphères, et nous prenons une radiographie de référence.

Résultats :

Alors que la radiographie donne des images hydro-aériques nettes, les images tomographiques, lorsque le diamètre des cavités diminue, sont de moins en moins nettes et on arrive non seulement à effacer le niveau liquide, mais aussi à brouiller au moins partiellement l'image des cavités.

Déjà avec un angle de coupe de 30°, le niveau devient très flou et se confond avec le sillage des grains de riz, pour une sphère de 20 mm de diamètre.

On retrouve cet effet pour la sphère de 27 millimètres de diamètre avec un angle de coupe de 60°, le remplissage étant faible (7 mm).

Mais de plus avec cet angle de coupe, on observe un brouillage accentué de l'image de la petite cavité, transparence à limites indiscernables où il est impossible

d'individualiser un niveau liquide.

Ces divers aspects sont surtout dus au sillage des grains de riz. En effet le sillage propre du liquide tend à devenir moins important puisque son épaisseur diminue avec le diamètre, alors que l'épaisseur de la tranche de section reste identique. Au contraire quand le diamètre diminue, l'épaisseur du riz faisant sillage augmente et l'épaisseur gazeuse à effacer étant moindre, l'image est brouillée.

C'est dire l'importance du contraste. Le sillage du liquide est à lui seul incapable de brouiller l'image du niveau. Si on augmente le diamètre de la cavité, on augmente l'épaisseur du liquide faisant sillage, mais on augmente aussi l'épaisseur du gaz et on diminue l'épaisseur du riz. Inversement en diminuant le diamètre des cavités, on diminue l'épaisseur du liquide et du gaz et on augmente l'opacité extra-cavitaire dont le rôle est prépondérant.

Au point de vue pratique on conçoit facilement l'importance de cet effacement d'un niveau liquide et plus généralement du brouillage même partiel de l'image de la cavité du fait du sillage propre du liquide et des sillages de paroi et des opacités extra-cavitaires.

Certes, on peut discuter l'emploi du riz pour représenter le parenchyme pulmonaire. Si le numéro atomique moyen est sensiblement identique il n'en va pas de même de la densité. Mais il ne faut pas oublier que certaines cavités se creusent au sein de blocs fibreux ou pneumoniques et que la plupart

des autres cavités sont entourées de poumon oedématié dont la densité peut devenir très grande, pouvant amener l'effacement du niveau liquide et le brouillage au moins partiel de l'image. A cet égard la radiographie pulmonaire standard de face, complétée par un profil donne des images plus exactes.

-:-

CONCLUSIONS

--

L'effacement des niveaux liquides en tomographie unidirectionnelle à balayage vertical qui est prévisible théoriquement, n'est réalisable de façon expérimentale que pour des cavités de petit diamètre (20 mm) assez peu remplies.

Pour toutes les cavités le niveau liquide tend à devenir de plus en plus flou quand l'angle de coupe augmente, du fait du sillage du liquide extérieur au plan de coupe.

Cet effet de sillage propre du liquide joint au faux épaissement des parois supérieure et inférieure par sillage de paroi et par sillage des opacités extra-cavitaire conduit à dire :

- que la tomographie n'est pas supérieure à la radiographie standard dans l'étude des cavités pulmonaires contenant du liquide ;

- que si cependant on veut utiliser la tomographie, il convient de pratiquer des coupes épaisses en utilisant de petits angles de coupe.

--

Vu :
Le Président :
Signé : H. DESGREZ

Vu :
Le Doyen :
Signé : L. BINET

Vu et Permis d'Imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris :
Signé : Jean ROCHE.

SERMENT

-:-

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers Condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'Exercice de la Médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes Confrères si j'y manque !

-:-

